

第4章 物理探査

物理探査の目的は基盤の地下構造、基盤の岩盤状況、未固結堆積物（主にワジ堆積物、廃さい等）の分布および性状、地下水の状況および地下水質について把握することにある。現地の地形・地質状況、岩質、堆積物の性状、地下水状況、汚染状況等から、物理探査手法として Nano-TEM（ナノ時間領域電磁）法および精密重力法の併用が効果的であると考えられる。

4.1 Nano-TEM 探査

Nano-TEM 探査の測線はワジ・スーク（スーク川）の上流，中流，下流域において 10 測線が計画された。

ワジ・スーク川の上流部に位置する堆積場を通る測線 L-1、L-2 では地表下約 30m 前後に比抵抗基盤がほぼ水平に推定され、基盤上面には低比抵抗の層が水平に広がる（図 4.1）。

測線 L-3 は測線 L-1 および L-2 の下流側に位置するが、測線 L-1 および 2 に見られた低比抵抗層が認められないが、ワジの地表下約 10m までの低比抵抗帯がほぼ水平方向にテラスの深部まで分布している。低比抵抗帯の下部に高比抵抗基盤が推定される。

ワジ・スーク川の中流域に位置する測線 L-4 および 5 における高比抵抗基盤は、地表下 50～100m であり、上流部の結果と比較して深い。

ワジ・スーク川の中～下流域の測線 L-6、7 および 8 は、高比抵抗基盤の深度が地表下 50～100m と中流域とほぼ一致して深く、ほぼ水平である。また、測線 L-8 の高比抵抗基盤の比抵抗値は測線 L-6 および 7 の高比抵抗基盤の値と比較すると低く、約半分程度の比抵抗値である。同様に、高比抵抗基盤上部の低比抵抗帯の比抵抗値も相対的に低く、約 30m の層厚を有する。

4.2 重力探査

重力探査はワジ・スーク川の上流～下流域に 12 測線およびワジ・バニ・ウマール川の Bayda 部落付近に 1 測線の合計 13 測線を実施した。各測線の位置を図 4.2 に示す。

重力測定には、 $2\mu\text{gal}$ 以下の測定精度を有するラコステ D 型（Lacoste & Romberg 社、米国）の精密重力計を使用した。本解析では密度差を $0.5\sim 1.0\text{g/cm}^3$ に設定した。

解析の結果は以下のとおりである。

- ・ワジ・スーク川の最上流部の測線 L-1 および L-2 において、廃さい堆積場では地表下約 30m 深に基盤が推定され、その形状は基盤にやや起伏が認められる（図 4.2）。
- ・測線 L-1 の下流部である測線 L-3 ではやや起伏の大きい谷地形が認められる。
- ・上～中流域である測線 L-4 および L-5 では、基盤深度が地表下 5～10m と比較的浅く、その形状はほぼ平坦である。
- ・中～下流域である測線 L-6、L-7 および L-8 では、基盤深度が地表下約 20m とやや深くなる傾向が認められるが、その形状は全体としてほぼ平坦である。

L - 1

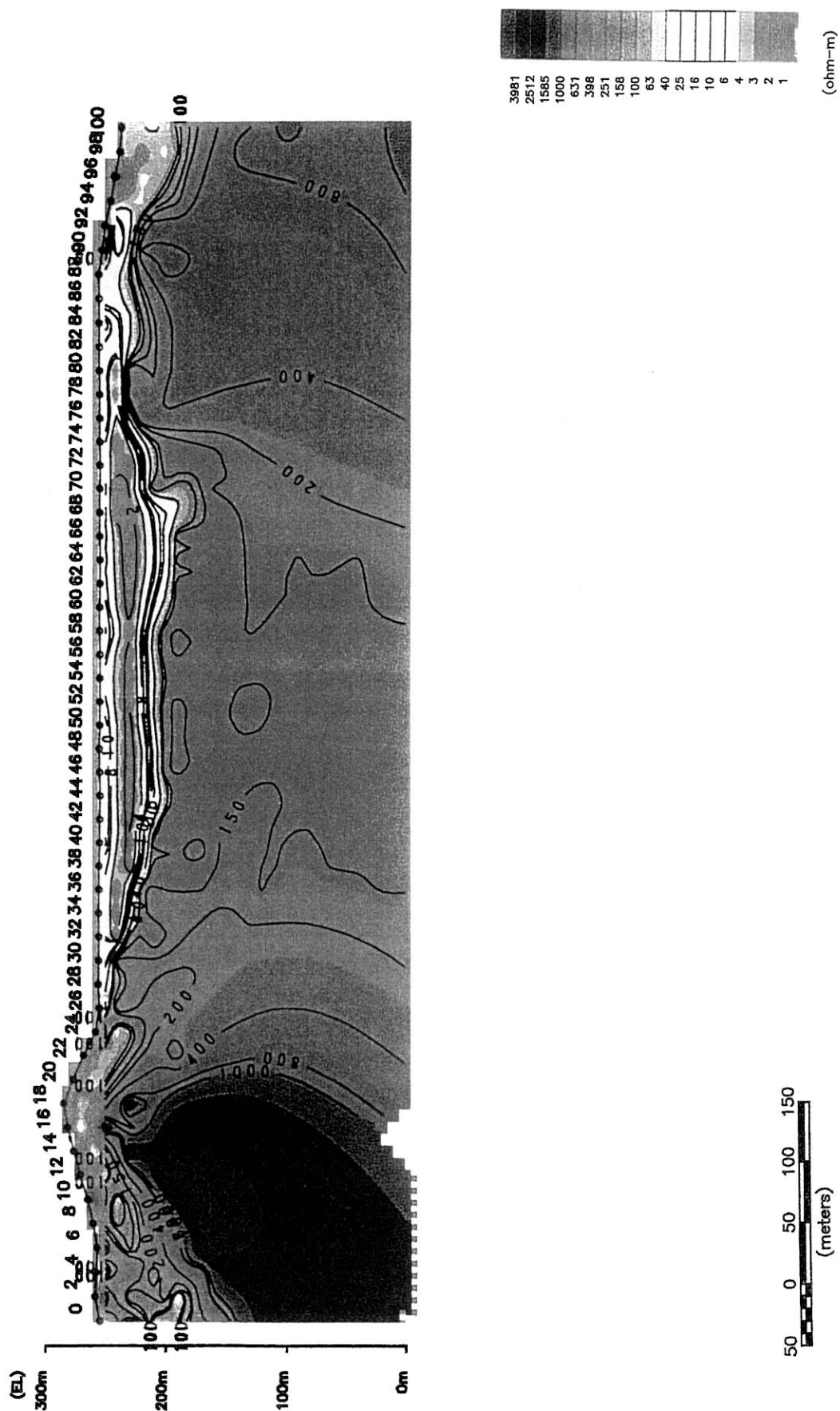


图 4.1 比抵抗解析断面图

LINE-1

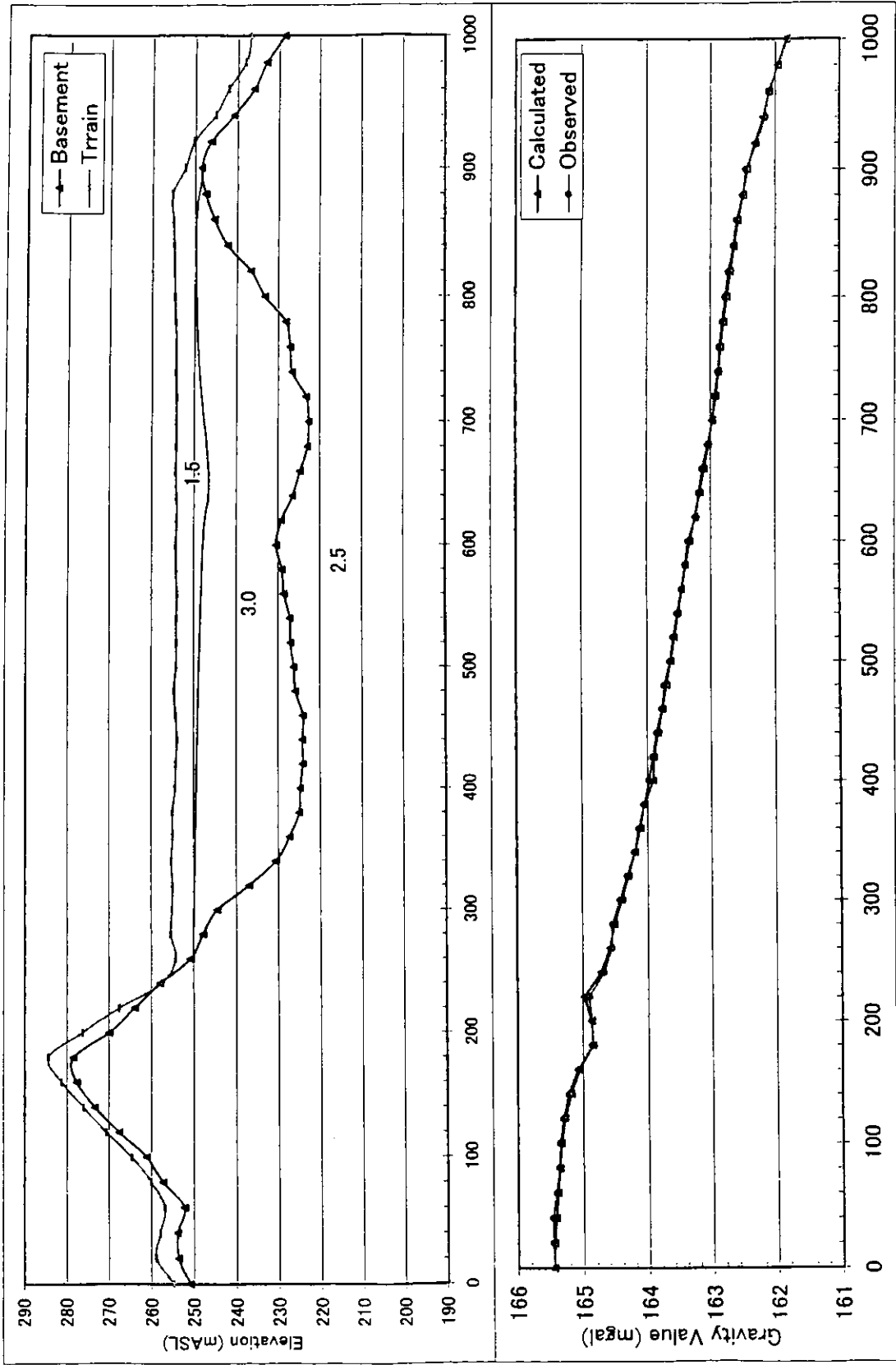


图 4.2 重力断面解析图

第5章 ボーリング調査

対象域の地質、水文地質および地下水質の状況を把握することを目的としてボーリング調査を実施した。地質用ボーリング調査はDH-1A、DH-1B、DH-4G、DH-15G、DH-16、DH-16A およびDH-16B 孔において実施した。水文地質用ボーリング調査は、DH-1～DH-14 の14 孔において実施し、全孔における揚水試験、採水および水質分析を実施した。水質分析は2 回にわたり実施した。

5.1 地質・水文地質状況

ワジ・スーク川沿いの地質断面を図 5.1 に示す。ワジ・スーク川の上流部はオフィオライトの下部火山岩類で主に玄武岩類からなる。最上流部には廃さい堆積場が設置されている。廃さいは深度 30.20～30.65m の層厚を有し、最下底には厚さ 0.1～0.65m の河床礫が認められる。

廃さいは細粒で比較的締まっていることから、透水性は比較的悪いと推定される。一方、基盤の玄武岩は亀裂が発達し、基岩として透水性は比較的高いものと推定される。

ワジ・スーク川の中流部は主に玄武岩類からなるが、PS-2 地点周辺に小規模にバチナ・オリストストロームが露出しており、主に石灰岩、赤色頁岩およびチャートからなる。

ワジ・スーク川の下流部は主に砂礫からなる河床堆積物が分布している。基盤はバチナ・オリストストロームおよび第三紀層からなる。バチナ・オリストストロームは主に石灰岩、頁岩およびチャートからなる。

各ボーリング孔の地下水位を表 5.1 に示す。

表 5.1 ボーリング孔の地下水位

Drill hole No.	July, 2000 Depth (m)	Nov., 2000 Depth (m)	Drill hole No.	July, 2000 Depth (m)	Nov., 2000 Depth (m)
DH-1A	-32.70	-32.50	DH-7D	-10.20	-9.35
DH-1B	-17.79	-17.53	DH-8S	-16.36	-15.31
DH-2	-7.37	-6.60	DH-8D	-16.16	-15.24
DH-3	-3.45	-2.51	DH-9	-8.22	-7.57
DH-4S	-6.59	-5.61	DH-10	-7.62	-6.85
DH-4D	-5.88	-4.98	DH-11	-10.33	-9.58
DH-5S	-10.64	-9.90	DH-12S	-5.88	-5.20
DH-5D	-8.40	-8.07	DH-12D	-5.87	-5.36
DH-6S	-11.41	-10.54	DH-13	-9.21	-7.85
DH-6D	-11.61	-10.78	DH-14	-9.47	-8.70
DH-7S	-10.19	-9.42			

現場揚水試験による透水係数は $10^{-3} \sim 10^{-6}$ cm/sec である。試験区間が殆どカルクリート化した砂礫層中であることから、透水性が比較的低くなっている。

5.2 水質分析結果

廃さい堆積場を汚染源として、ワジ・スーク川の下流側および北西部のワジ・バニ・ウマール・

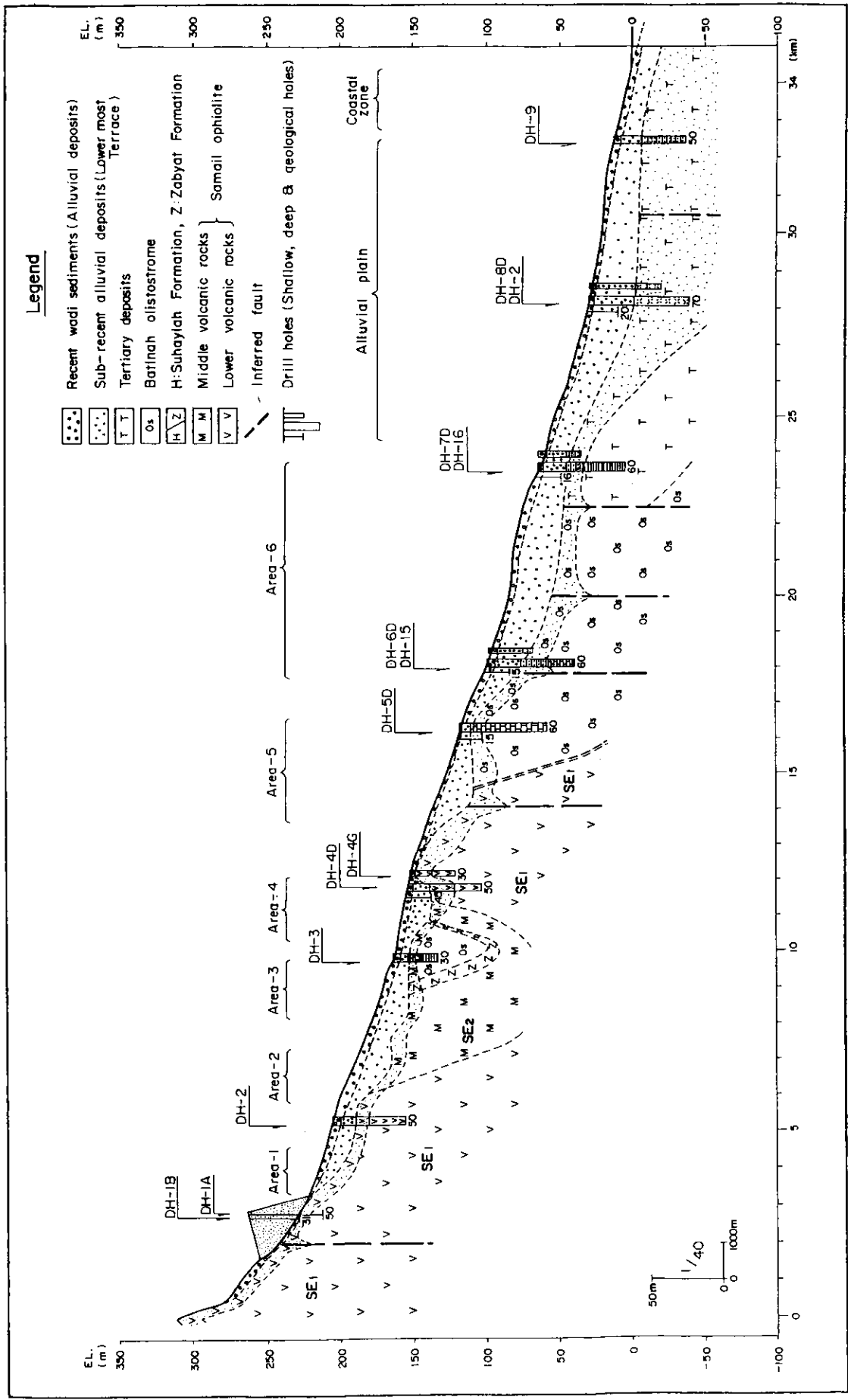


図 5.1 ワジ・スーク川沿いの地質断面図

アル・ガルビ川の上流部に塩分および重金属類が拡散している。特に、Hg、Cd、Cr、As、Ni、Mn、Pb、Cu、Fe、Zn、SO₄およびCl が廃さい堆積場から下流側に浸出・拡散して極端な距離減衰を呈し、DH-5～DH-6 孔付近でほぼ定常な濃度となる（図 5.2(1)～(2)）。

汚染範囲は廃さい堆積場からサガ部落（DH-4 孔）までおよび廃さい堆積場の北西部（DH-11）が確定され、汚染の一部は DH-5 および DH-12 孔方向へ拡散しつつある。しかし、DH-6 および DH-7 の SO₄ および Cl では基準値を越えているが、局地的な自然的要因と推定される。

水質汚染の範囲を図 5.3 に示す。

また、DH-5、DH-6 および DH-7 孔では Cd、Pb、SO₄ および Cl が基準値を越えており、汚染水の一部の浸透および自然的要因が重複しているものと考えられる。特に、下流側の深層地下水の年代が海水使用時より古いことは Cl 等の汚染が自然的要因であることを強く示唆している。

なお、DH-7 の深層ボーリング孔（DH-7D）の深度 50m の地下水を採水し、トリチウム（³H）による年代測定を実施した。その結果、27 年前（1973 年）の年代が得られた。この値は DH-7 孔周辺の深層の地下水は少なくともソハール鉱山開発（1983 年）以前の水であることが判明した。

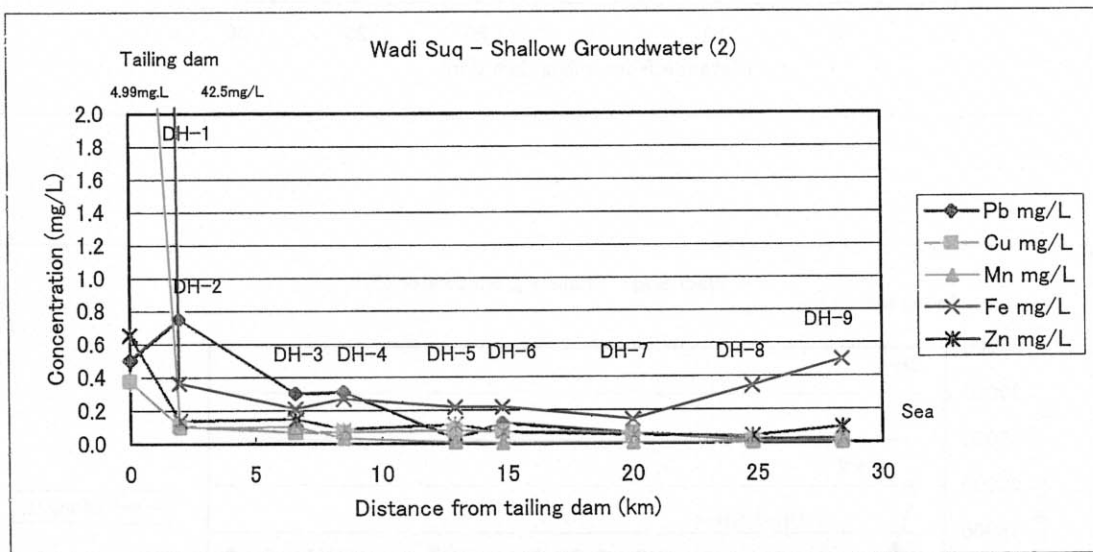
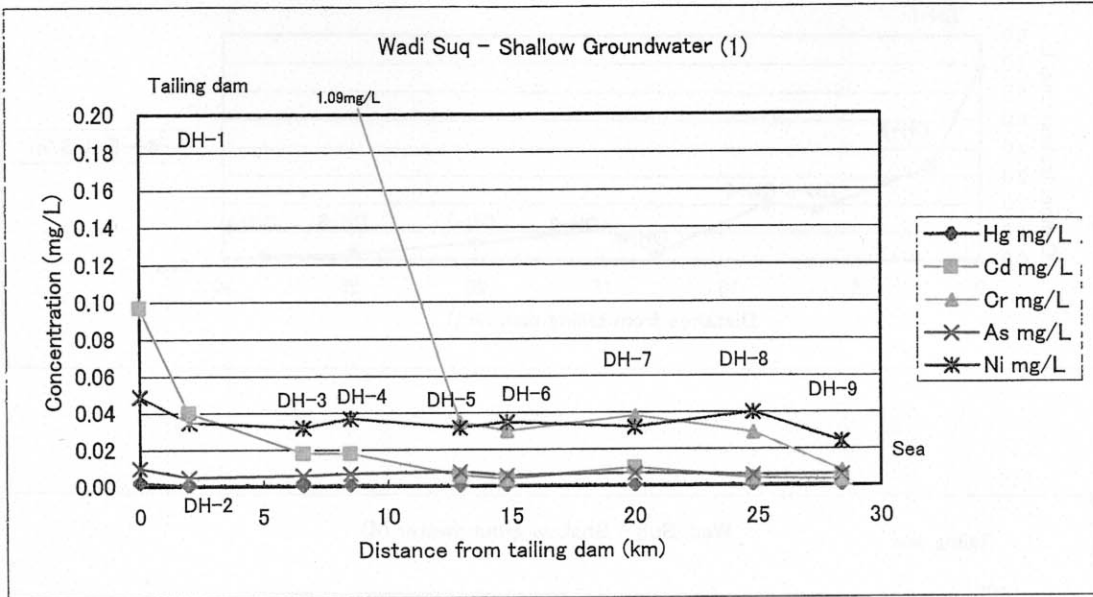


図 5.2 汚染源からの距離と水質の関係 (1)

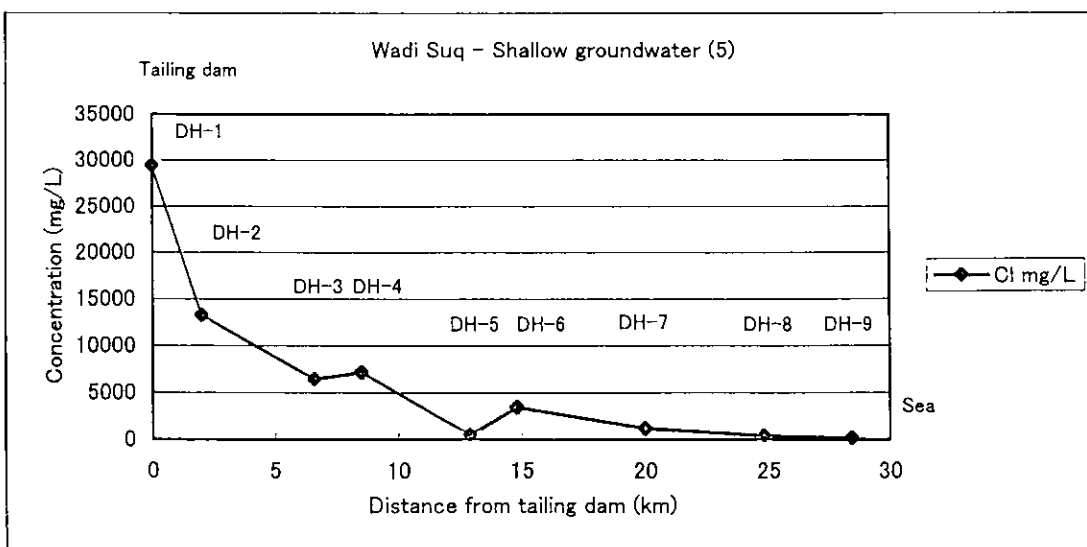
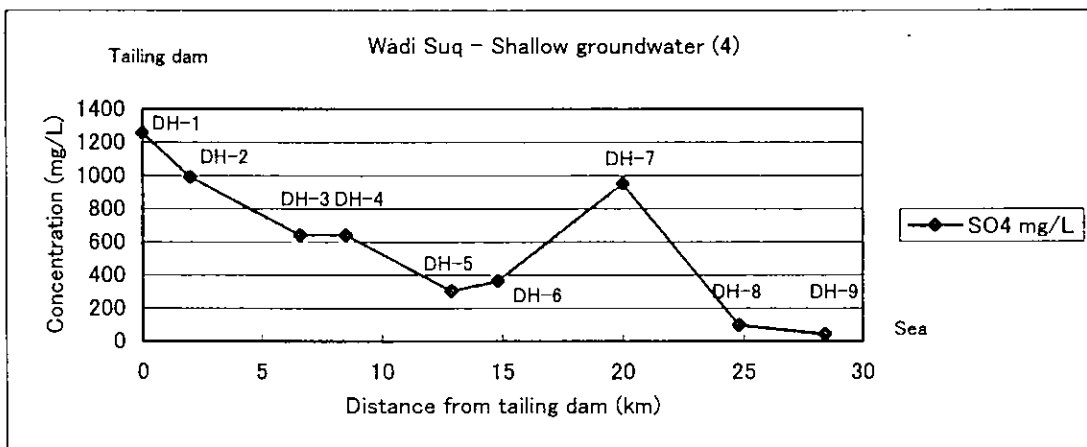
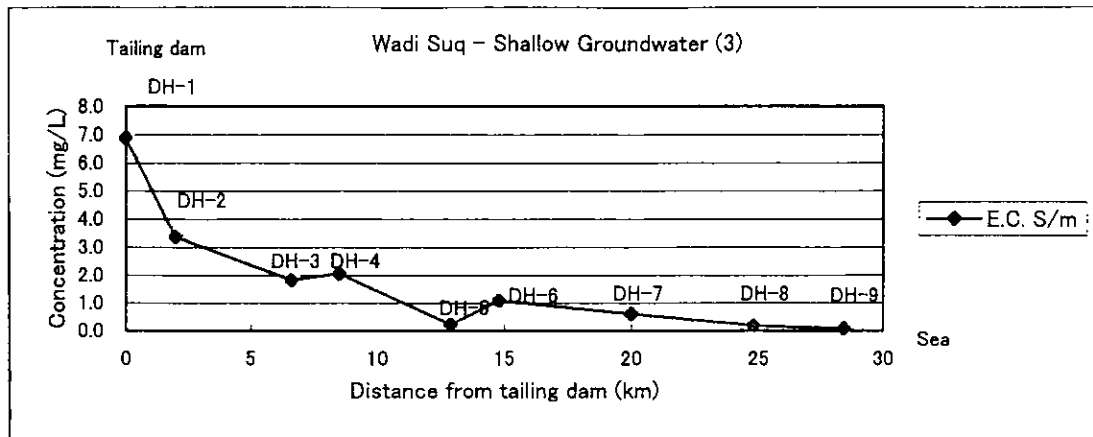


図 5.2 汚染源からの距離と水質の関係 (2)

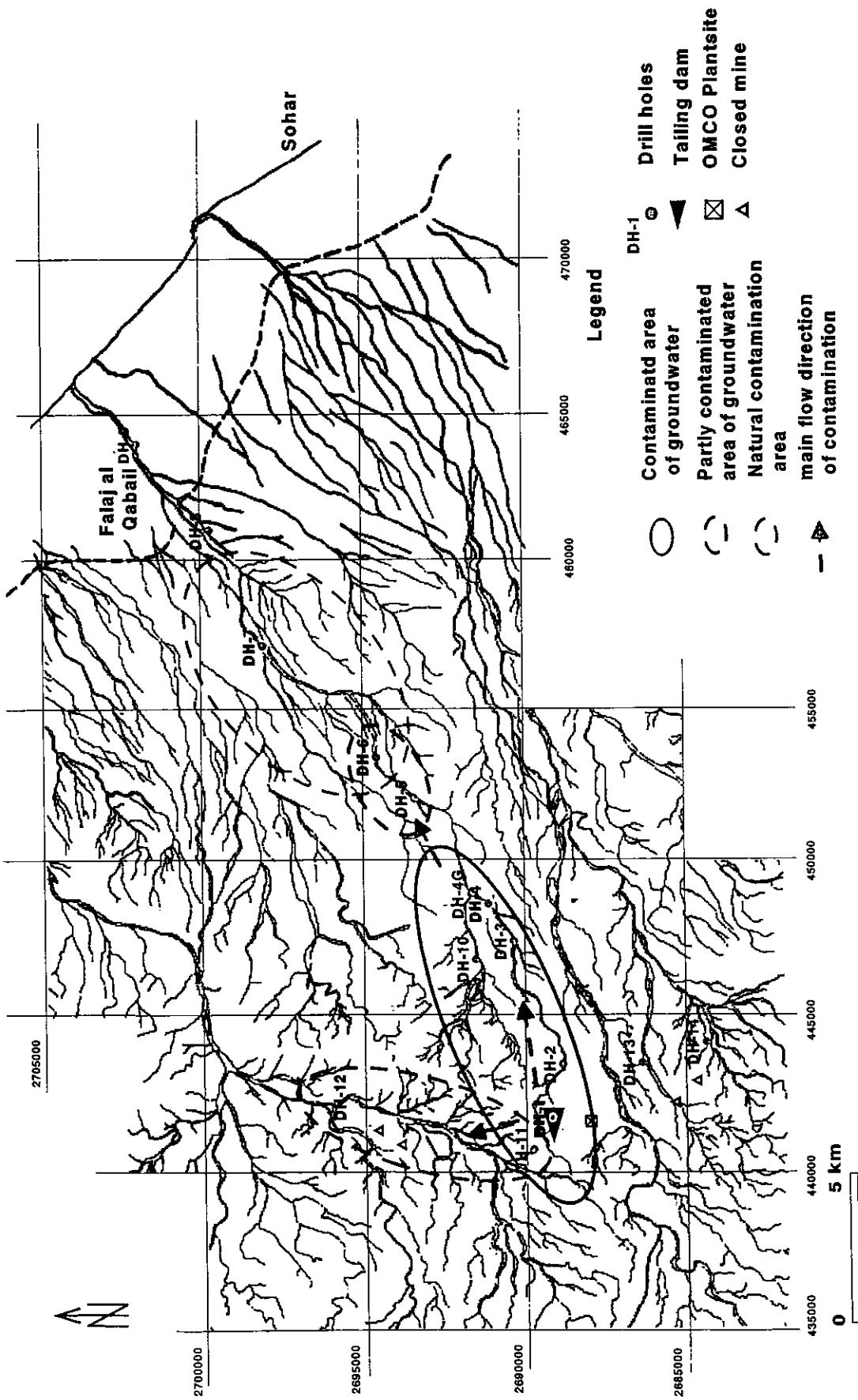


图 5.3 污染范围